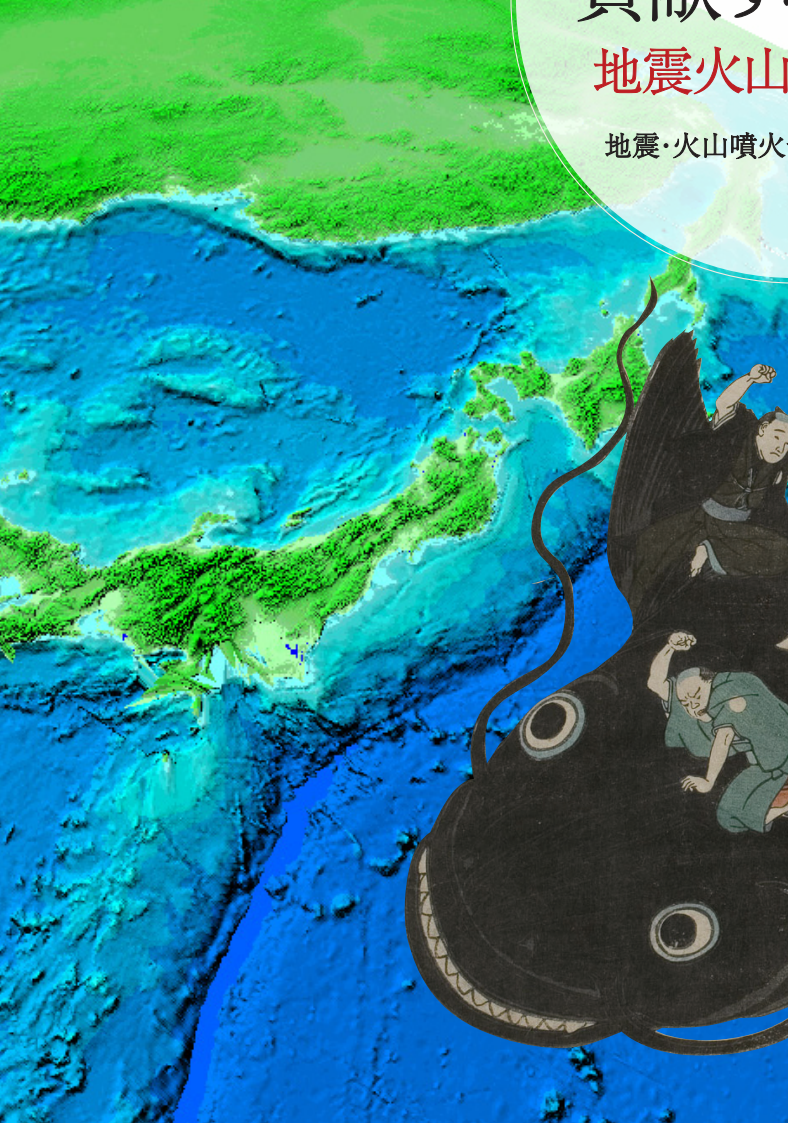




災害の軽減に 貢献するための 地震火山観測研究

地震・火山噴火予知研究協議会



地震・火山噴火予知研究協議会（予知協）

文部科学省科学技術・学術審議会（文部科学大臣の諮問に応じて科学技術の総合的な振興や学術の振興に関する重要事項についての調査審議等を行う）で策定・建議された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（平成26-30年度）を、大学、研究機関、行政機関等が連携・協力して実施するために、東京大学地震研究所に設置された組織です。

計画・実施体制

文部科学省 科学技術・学術審議会 測地学分科会

地震火山部会

建議「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」

1 現象を解明する

地震や火山噴火を科学的に理解するための観測研究

2 予測を目指す

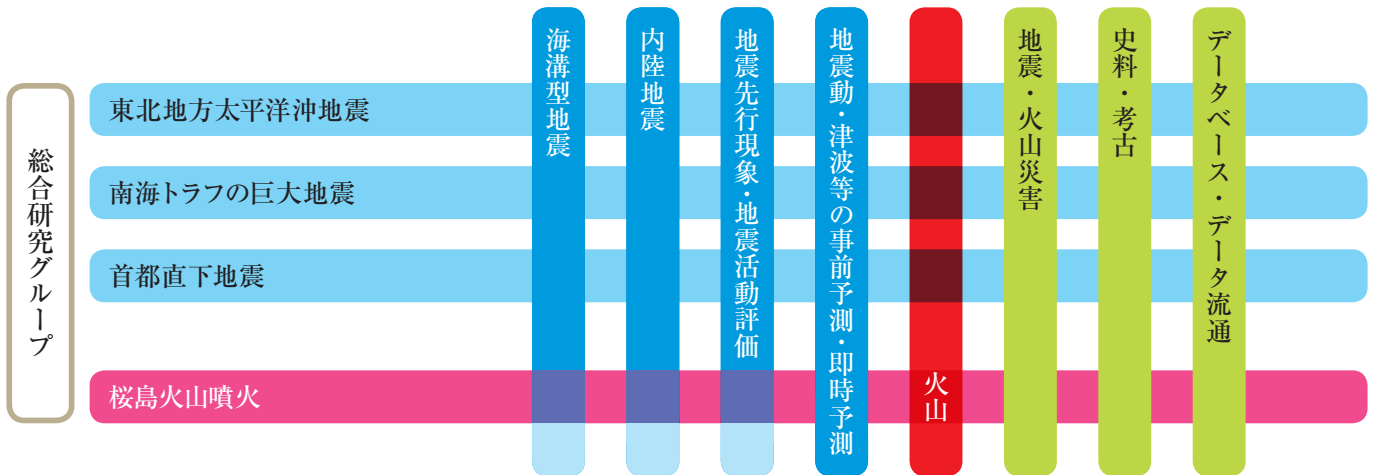
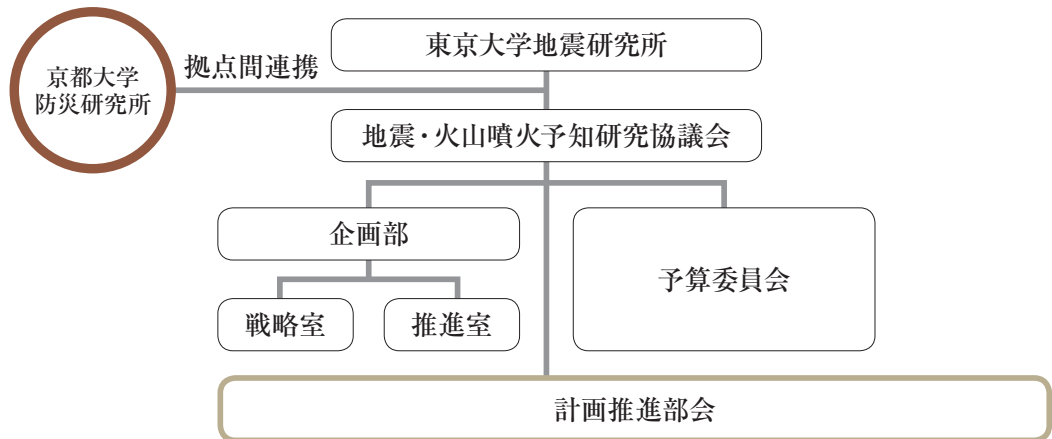
地震や火山噴火現象の科学的理解を踏まえた予測研究

3 災害を軽減する

防災・減災に資する災害過程の解明研究

4 研究体制を整備する

研究インフラ整備、人材育成、関連研究分野の連携強化



研究実施は、八つの「計画推進部会」を中心に進めています。加えて「災害が発生した場合に社会への影響が大きい地震・火山噴火」に対しては、観測研究計画の全部会が総力を挙げて取り組むために、四つの「総合研究グループ」を設置しています（青：地震研究、赤：火山研究、緑：地震と火山で共通する研究）。
なお、地震と火山噴火は、根源的な原因や研究手法に共通点が多く、研究成果は地震・火山テーマにかかわらず、全体に活用されています。

表紙の図・写真

左上：「寛政四子年肥前国嶋原山々燃崩城下町々村々破損ノ圖」（1792年雲仙普賢岳噴火に伴う眉山山体崩壊の絵図）（東京大学地震研究所所蔵資料）

右上：「桜島で噴火の際に発生した火山雷」（宮武健仁氏撮影）

左下：「定常的なプレートの沈み込みによる日本列島の变形」（H8.4～H11.12の变形を50万倍）（提供：国土地理院）

右下：「しんよし原大なまづらひ」（1855年安政江戸地震のなまづ絵）（東京大学地震研究所所蔵資料）

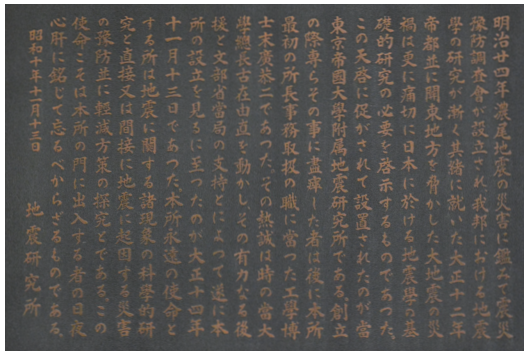
地震・火山噴火の解明とこれらに起因する災害の予防



東京大学地震研究所(地震研)は共同利用・共同研究拠点であり、日本の地震・火山科学を推進する役割を担っています。そして地震・火山噴火予知研究協議会(予知協)は、2014年からの建議「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について」に基づく研究を推進するための母体として、地震研の中に設置されています。

観測研究を、研究コミュニティが提案する「建議」に基づき進めていることは重要です。建議では「研究目的・推進に不可欠な要素」を明確に示しており、向かうべき方向が妥当か、予知協が常に確認できます。

建議に基づく研究は、全国の研究機関による共同研究



寺田寅彦が起草した地震研究所の使命(東京大学地震研究所1号館1階エレベーター脇)

として進められますが、そのためには、しっかりとした枠組みが必要です。この枠組みとして重要な役割を果たすのが予知協です。現在、15大学と1研究機関が参加しています。一方、地震研は海外の研究機関との共同研究も進めており、国内外の連携を強化しています。予知協は国内の共同研究体制のまとめ役を担っているかたちです。



東京大学地震研究所 所長
おぼらかずしげ
小原 一成

新しい観測研究計画では、これまで理学のアプローチが中心だった研究に災害に関係する工学、社会科学と歴史学が加わりました。災害を軽減することによって社会の役に立つ体制となったのです。社会科学分野には、理学の研究成果をどのように社会に伝え、災害軽減を実現していくかが期待されています。歴史学は、現在のことを知る地球物理学的なアプローチと、千年スケール以上の現象を解明する地質学・地形学的なアプローチの時間的な隔たりを埋めてくれるでしょう。



全国連携で実現する地震・火山噴火予知研究



地震や火山噴火の発生を私たちは防ぐことはできません。そうであるならば、そのメカニズムを解明し、発生予測の精度を高め、想定される災害を軽減することに、地震・火山予知研究は貢献していきます。

日本は世界有数の「地震・火山大国」で、これまで多くの地震災害や火山災害に見舞われてきました。東日本大震災、御嶽山噴火等、甚大な被害を引き起こす災害が頻発しています。今後、数十年の間に、南海トラフや首都直下を震源とした巨大地震災害や、大規模な噴火災害が発生することは十分に予想されています。

全国の大学・研究機関の研究者は、地震や火山噴火現象を解明してその予測を実現するために、地震・火山噴火予知研究協議会のもとに集結し、連携・協力しながら地震予知研究と火山噴火予知研究を実施しています。

地震は地下の岩石の破壊現象であるのに対して、火山噴火はマグマの上昇と噴出という、本質的に異なる現象ですが、共に岩石の変形や破壊などが大きく関与する現象です。また日本列島周辺では、海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込むことにより、プレート境界や内陸で地震が

発生し、また日本列島の地下の上部マントルではマグマが生成され火山活動に至るなど、地震と火山噴火は地球科学という共通のバックグラウンドを持っています。

そのため地震と火山の研究には、観測項目や解析手法の一部が共通しています。同時に、長期の観測データを効率的に蓄積するデータベースが重要なため、両方の研究計画を統合することで、大きな利点が生まれます。相互の研究分野の長所を取り入れて研究の幅を広げることにより、地震および火山噴火予知研究の両方を一層発展させることを目指して、両研究計画の統合が行われなければならないことは明らかでした。

研究を充実させるためには、人材育成も求められています。若い世代に研究自体により注目してもらい、地震・火山噴火予知の研究にかかわってもらえる人が一人でも増えるように、研究意義を発信していかなければなりません。



地震・火山噴火予知研究協議会 議長
ひらはらかずひろ
平原 和朗
(京都大学大学院理学研究科教授)



八つの計画推進部会

海溝型地震

巨大地震の 解明と予測

近年の研究により、同じ場所で繰り返し発生する小さな地震があることや、地震波があまり発生しない比較的ゆっくりとした断層すべりがあることが分かってきました。この現象を解析することによって、プレート境界のすべりの様子が高精度で推定できるようになっています。また、断層すべりを支配する摩擦の物理を考慮したプレート境界地震の物理モデルが構築されています。海溝型地震部会では、様々な観測データとモデルにより、巨大地震を引き起こす可能性のあるプレート境界型地震のメカニズムを解明し、その発生予測につなげることを目指しています。

日本列島下には太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込んでいるため、プレート境界および沈み込む海洋プレート内部で多くの地震が発生します。東日本大震災を引き起こした2011年東北地方太平洋沖地震、1923年関東地震、そして過去に約100年間隔で繰り返し今また発生が懸念されている南海トラフの巨大地震は、海溝型のプレート境界地震です。これら地震の震源域はほとんど海底下ですが、マグニチュード8以上の規模が大きい地震が比較的頻繁に発生して津波を引き起こすので、しばしば大被害をもたらします。海洋プレート内部の地震も、巨大地震の頻度は低いです。津波などにより被害をもたらすことがあります。海溝型地震の起こり方を解明することは、これらの地震に備えるために重要です。

プレート境界の巨大地震は内陸地震に比べ発生間隔が短いために、その繰り返しの性質が調べられています。しかし、地震計記録などから調べられるのは最近の地震だけなので、津波痕跡や地形など、また後述の史料・考古データから過去に発生した地震を調べることで、地震の長期的な予測の改善を目指しています。

部会長：小原 一成（東京大学地震研究所）
副部会長：西村 卓也（京都大学防災研究所）

内陸地震

地殻構造の不均質性と ひずみの集中

大きな地震が発生すると、たくさんの余震が発生します。地震の発生直後に多くの地震計を臨時に設置して余震を詳しく調べる研究もよく行われます。内陸地震の場合、震源域の直上に多くの観測点を設置でき、余震を詳しく調べると同時に詳しい地殻構造が推定できます。本震の破壊過程の特徴と余震分布の比較などから、断層近傍の物質の性質や地震を引き起こした力のことなどが推定でき、内陸地震の解明に役立てています。

日本の内陸には多くの活断層があり、多くの地震が発生します。海溝型地震に比べると巨大地震の頻度は低いです。阪神・淡路大震災を引き起こした1995年兵庫県南部地震のように人々が生活している地域の直下で発生すると甚大な被害をもたらします。内陸地震による被害を軽減するためには、内陸地震はどこで、どのくらいの頻度で発生するか、どのような地震動を引き起こすかを解明することが役に立ちます。

プレート境界地震はプレートの相対運動が直接的原因であるのに対し、どのような力が内陸地震の原因になっているかは詳しくは分かっていません。これまでに内陸大地震が発生した断層などで地殻構造を調べる研究が進められています。地下の岩石の性質が場所によって異なること（不均質性）が原因で地殻のひずみが集中することがあり、これが内陸地震の発生につながるということが分かってきました。ひずみの集中過程も観測から分かるようになってきました。地殻構造を詳しく調べるとともに実験などで岩石の性質を調べて物理モデルをつくり、モデルから期待される現象と地震や地殻変動の観測データを比較することにより、内陸地震の発生メカニズムをより詳しく理解しようとしています。

部会長：松本 聡（九州大学大学院理学研究院）
副部会長：上嶋 誠（東京大学地震研究所）

地震先行現象・地震活動評価

先行現象評価による 地震活動予測

大量の観測データを用いて統計的に意味のある地震先行現象を見いだす研究と、地震先行現象の発生機構解明のための研究を実施しています。大きな地震がいつ、どこで発生するかが事前に分かれば対策が立てやすくなります。多くの方が期待する「地震予知」は、このようなものだと思います。大地震が発生する時期と場所を精度良く予測するのは簡単なことではありませんが、これを目指した研究を行っています。

これまでに大地震に先行した様々な異常現象が報告されてきました。例えば、前震、地震活動の一時的な低下、地殻変動、地下水の異常、電磁気現象などです。地震は、発生する場所によって性質が異なり、特に大きい地震は発生頻度が低いので、地震に先行する現象の再現性の科学的評価は困難を伴います。近年の観測網の整備により、地震や地殻変動などの大量のデータを扱えるようになってきました。この大量のデータを使って、大地震発生前に観測される異常現象の確からしさを統計的に評価する研究を進めています。特に地震活動については、世界的に地震データの質と量が向上しているため、国際的な共同研究として地震活動の評価と予測を目指した研究に取り組んでいます。地震活動の予測性能の評価基準を設定した上で、地震活動予測モデルを開発し、予測性能が優れるモデルを見つけようとしています。

地震先行現象の発生機構の解明においては、科学的に信頼できる先行現象を見いだすために、物理モデルに基づいた数値シミュレーションにより地震発生に先行する現象を調べて観測データと比較したり、岩石破壊実験で破壊に先行する現象を調べたりする研究を行っています。

部会長：中谷 正生（東京大学地震研究所）
副部会長：長尾 年恭（東海大学海洋研究所）

地震動・津波等の事前予測・即時予測

地震、火山噴火後の 災害誘因予測

現在では、地震波や津波の伝播はコンピューターで精度良く計算できるようになり、地震の震源の性質や地震波伝播経路の構造などの理解が深まるほど、より良い地震動や津波の予測が可能になります。また、人工衛星のデータなどを使って空中の火山灰の状況を正確に把握できるようになっているため、これを降灰の予測に役立てるための研究が進められています。

地震は地下で断層が急激にずれることにより発生します。断層のずれそのものについては別部会で研究が進んでいますが、本部会では、断層のずれにより発生する地震動や津波に着目しています。また、火山噴火の場合も、噴火メカニズムの解明は別部会で研究が進んでいますが、火山噴火によって発生する火砕流・溶岩流・降灰の予測が災害軽減に役に立ちます。

「地震が発生する前に」地震動や津波をより正確に予測するためには、過去に発生した大地震などから、どこでどのような地震が発生するかを明らかにすることが必要です。さらに、震源から地震波や津波が伝播する過程や、地表近くでの地震波の増幅や海岸近くでの津波の挙動を知る必要があります。さらに「地震発生後直ちに」震源の特性を推定できれば、地震動や津波の到達前に、より正確な地震動や津波の予測が可能になります。例えば、最近では海岸だけでなく沖合にも津波計が設置されていますから、そのデータを津波予測の精度向上に役立てる研究は重要です。

火山噴火による広域かつ長期間にわたる影響としては、火山灰による人々の生活支障・健康被害や飛行機などの交通途絶が知られています。気象の影響をより正確に評価して、降灰の予測精度を向上させる研究が行われています。

部会長：香川 敬生（鳥取大学大学院工学研究科）
副部会長：太田 雄策（東北大学大学院理学研究科）

火山

事象系統樹に基づく 火山噴火予測研究

火 山噴火は、直接マグマが地表に噴出されるマグマ噴火と、地下浅部にある地下水がマグマにより熱せられ大量の水蒸気として地表から噴出する水蒸気噴火に分けられます。計画では、様々な火山活動の中で、共通する事象と差異のある事象を見つけ、差異を生み出す原因に焦点を当てて研究を進めています。その結果を噴火推移の枝分かれ（事象分岐）を示す事象系統樹にまとめ、噴火予測の高度化を目指しています。

水蒸気噴火は、前兆現象が極めて小さく、予測が難しいと言われていました。長い活動の休止後にはマグマ噴火に先立って水蒸気噴火が起こることが多いため、観光地になっている火山では、不意を衝かれ噴火規模は小さくても被害が甚大になることがあります。御嶽山や口永良部が水蒸気噴火した際に、貴重な観測データが取得でき、噴火直前に明瞭な前兆が見られることが明らかになりました。このような観測データから、水蒸気噴火発生機構を解明するのが課題です。また、マグマ噴火への移行も大きな研究テーマです。

マグマ噴火では、噴火様式の多様性を決める要因の一つはマグマの噴出率であると言われていています。この噴出率の違いを生み出す原因が分かかっていません。例えば、噴火が継続している桜島火山では、2015年8月に活発な群発地震活動が発生し、短時間に大量のマグマが山頂直下にまで上昇しましたが、噴火に至りませんでした。このときのマグマ上昇率は、通常の噴火時の200～2000倍でした。何故、このようなことが起こるのかを、桜島火山での通常の噴火時と比較するとともに、他の火山での同様な現象と比較し、噴火発生機構や噴火様式の多様性を生み出す機構を解明する研究を進めています。

部会長：大倉 敬宏（京都大学大学院理学研究科）
副部会長：野上 健治（東京工業大学火山流体研究センター）

地震・火山災害

災害の軽減に貢献する 災害誘因・素因研究

地 震・火山災害部会は、災害科学の確立に資するため「災害」現象の解明に焦点が置かれた部会で、本研究計画で初めて設置された部会です。防災・減災に対する社会の要請を意識しながら、理学、工学、人文・社会科学の研究者が連携することによって、地震・火山噴火の災害事例の実証、地震・火山噴火の災害発生機構の解明、地震・火山噴火の災害軽減のための情報の高度化、研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成などを目指した研究を行っています。

災害は、自然現象である災害誘因と、自然現象に襲われた地域の特徴という災害素因との二つの因子の関係によって、被害や影響が大きくなったり特徴が変わったりします。たとえ地震や火山噴火が起こっても、災害素因としての地域の防災力が強ければ被害・影響は小さくなるのです。

これまでの研究計画では、自然現象としての災害誘因の研究に中心が置かれていました。しかし今回の計画は「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」として「災害科学」を強調しています。つまり、災害誘因の研究に加えて、地域の強さ・弱さといった災害素因の研究も推進しなければならないのです。

現時点の研究成果をふりかえると、災害誘因は、自然現象・被害・影響の発生機構の解明や予知・予測といった現象の理解に研究の重きが置かれています。災害素因は、構造物・ライフライン・情報システムなどのハード面や、社会組織体制や人間行動などのソフト面など、防災・減災を目的とした土木工学・建築学・情報工学・農学などの理工学、心理学・社会学・社会福祉学・歴史学・法学・経済学・地理学などの人文・社会科学の研究者によって研究が行われています。

部会長：木村 玲欧（兵庫県立大学環境人間学部）
副部会長：三宅 弘恵（東京大学大学院情報学環）

データベース・データ流通

観測研究基盤としての
 データベースの共有化

史料・考古

1000年を超える歴史資料と
 理学データの融合

史 料に基づいて過去に発生した大地震などを推定する研究はこれまでも行われてきました。しかし、これまでは多くの場合、地震や火山の研究者が史料を読み解いたために、史料の信頼性などの評価は十分とは言えない状況でした。東日本大震災後は、日本史研究者の協力のもと、史料に基づいて過去の大地震や火山噴火を組織的に調べる研究が始まり、新たな史料の収集とデータベース化、解釈などが進められています。また、遺跡などの考古資料にも過去の地震や火山噴火の痕跡が見つかることがあります。これらについても、考古学研究者の協力を得て組織的な調査を始めています。

地震計などの近代的計測による、地震や火山噴火の観測データは100年ほどの蓄積しかありません。しかし、東日本大震災から分かるように、大規模な地震や火山噴火は数百年や数千年に一度の頻度で発生します。つまり地球物理学的な観測データを一度も手に入れることなく、大規模地震や火山噴火を迎えることが多いのです。そのため、歴史資料からこれから起こり得る地震、火山噴火を推定することが重要になってきます。

このような1000年を超える歴史資料に基づく研究に加え、地質学に基づく過去の地震や噴火の研究、さらに地球物理学的データに基づく地震や火山噴火の理解を組み合わせることが重要です。歴史資料だけから地震や噴火の特性を詳しく知ることはできません。地震学や火山学の知識を利用して、断片的な歴史資料から過去の大地震や火山噴火を詳細に推定することにより、大規模地震や火山噴火の予測に役立てたり、これらに備えるためのデータとしたりすることを目指しています。

部会長：榎原 雅治（東京大学史料編纂所）
 副部会長：佐竹 健治（東京大学地震研究所）

地 震・火山の研究を進める上で、観測データをはじめとする各種データは欠かせないものです。日本には世界でもトップクラスの地震や地殻変動の観測網があり、これら観測で得られたデータを利用してレベルが高い地震・火山研究が行われています。日々蓄積されている膨大なデータを有効に活用するための技術開発が行われ、これらデータを用いて得られた結果は広く公開されています。

巨大地震や大規模火山噴火のような発生頻度が低い自然現象を解明するためには、長期にわたる観測データの蓄積は重要です。何十年、年百年かけてひずみやマグマが蓄積されて巨大地震や大規模噴火に至るのですが、その間の地殻変動や地震活動などの変化を明らかにすることが、これらの発生の予測に必要なことは言うまでもないことでしょう。また、最近では日本中に張り巡らされた観測網により日々膨大な観測データが得られています。このようなデータを保存し、多くの研究者が利用できるようにすることが、地震・火山研究のためには重要です。

研究を進める上で重要なのは観測データだけではありません。例えば、歴史資料から推定された近代観測以前の地震や火山噴火の記録もデータベース化して公開することで、多くの関連研究者が利用して研究の加速につながることを期待できます。ほかにも、地殻構造などの解析結果、これまでに発生した大地震の震源過程などの研究成果などもデータベース化することにより、関連分野の研究者が互いの研究成果を理解し、利用しながら研究を進めることができるようになります。解析ソフトウェアも研究者間で共有化することで、より効率的に研究が進められます。これらを通して、観測基盤としてのデータベースの共有化を図ります。

部会長：鶴岡 弘（東京大学地震研究所）
 副部会長：大見 士朗（京都大学防災研究所）

四つの総合研究グループ

東北地方太平洋沖地震、南海トラフの巨大地震、首都直下地震、桜島火山噴火については、災害科学の発展への貢献や、発生した場合の社会への影響の甚大さを考慮して、総合研究グループを組織して分野横断型の研究を実施しています。

東北地方太平洋沖地震

この地震の発生により広域でひずみが解放されたのと同時に、周辺域ではひずみが高まった状態にあり地震や火山活動の変化が予想されます。これらについての研究を進めると同時に、東北地方の過去の巨大地震に関する研究、この地震が引き起こした災害の発生機構、地震動や津波の即時予測なども含めた巨大地震による災害軽減に役立つ研究などを行っています。

グループリーダー：松澤 暢（東北大学大学院理学研究科）

首都直下地震

首都直下地震は社会に極めて大きな影響を及ぼす可能性があります。想定される震源はプレート境界、沈み込むプレートの内部、平野部の活断層など多様であり、その発生予測は特に難しいと考えられています。地殻構造やこれまでに発生した地震を詳しく調べるなどにより震源像を明確にし、災害軽減に役立てることを目指しています。

グループリーダー：酒井 慎一（東京大学地震研究所）

南海トラフの巨大地震

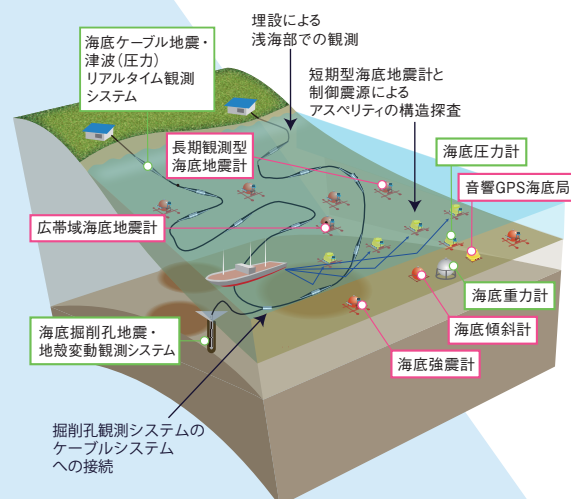
巨大地震が繰り返し発生してきた南海トラフ域では次の巨大地震の発生が近づいています。過去に発生した南海トラフの巨大地震や現在の地震活動や地殻変動を調べることで、次の巨大地震の震源や、地震動や津波の予測をより良いものとするための研究を行っています。さらに、これらの研究に基づいて被害予測を高度化するための研究も進めています。

グループリーダー：澁谷 拓郎（京都大学防災研究所）

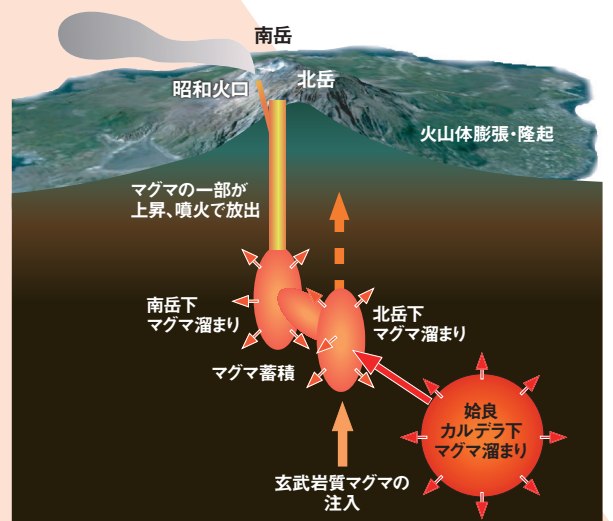
桜島火山噴火

桜島火山では活発な活動が続いているのと同時に、地殻変動観測からマグマが蓄積されていることが分かっています。規模が大きい噴火が懸念されています。過去の大規模噴火の前駆過程の解明や現在の活動などから、噴火予測実現のための研究を行っています。また、火山灰の予測や、過去の噴火推移を参考にした訓練など、災害軽減に向けた取り組みも進めています。

グループリーダー：井口 正人（京都大学防災研究所）



●海底観測装置による「プレート境界地震の震源域」の解明



●桜島火山のマグマ供給系の模式図

災害科学を実現するための地震・火山研究者と 災害・防災研究者との懸け橋を目指す

二つの学術コミュニティの融合

新研究計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（2014年～2018年度）」では、これまでの地震学や火山学を中核とした研究体制から、工学、人文・社会科学などの連携によって「災害科学」を実現するための、視野を一層広げた研究体制が求められています。そのため、計画における「地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究」を推進することを目的として、2014年4月に、東京大学地震研究所と京都大学防災研究所が「拠点間連携に関する協定書」を取り交わして「拠点間連携共同研究委員会」を立ち上げ、共同で研究を行っていくこととなりました。つまり、従来からの研究計画を中核となって進めてきた東京大学地震研究所と、自然災害研究協議会などの災害・防災研究の拠点である京都大学防災研究所が協力することによって、従来からの「地震火山科学研究コミュニティ」と、減災社会を実現しようと実践的研究を行っている「防災研究コミュニティ」をつないで、総合的な「災害科学」の確立を目指していこうというものです。

拠点間連携共同研究の二つの研究スタイル

拠点間連携共同研究は、課題募集型共同研究と参加者募集型共同研究の二つの研究スタイルで進めています。

課題募集型共同研究は、地震火山災害軽減研究のうち、特に地震・火山災害の軽減への貢献を主目的とした研究を、個人またはグループで提案して行うもので、特に地震・火山研究と防災研究の連携により、研究の推進が期待される課題を公募します。毎年、10件程度の研究課題を採択します。

参加者募集型研究の九つの研究テーマ

参加者募集型共同研究では、南海トラフで発生が懸念される巨大地震を対象とし、地震を起因とする災害に寄与する一連の事象に関して、防災・減災に資する研究を実施したいと考えています。そこで、南海トラフ沿いの地震発生から南関東～九州沿岸での災害発生後までの事象を、「災害情報の外部発信」「災害のリスク評価と意思決定」「構造物の被害予測モデル」「津波の被害予測の不確実性」「地盤構造と震動の関係の複雑さ」「強震動予想の問題点」「地下構造・波動伝播の複雑さ」「南海トラフ地震の地震像」「コンピューター・サイエンスが拓く地震リスク評価の将来」という九つの研究テーマそれぞれで、研究者を募集します。そして地震・火山研究者と災害・防災研究者とが一堂に会して議論するワークショップを設けて、議論をしながら研究を進めていきます。

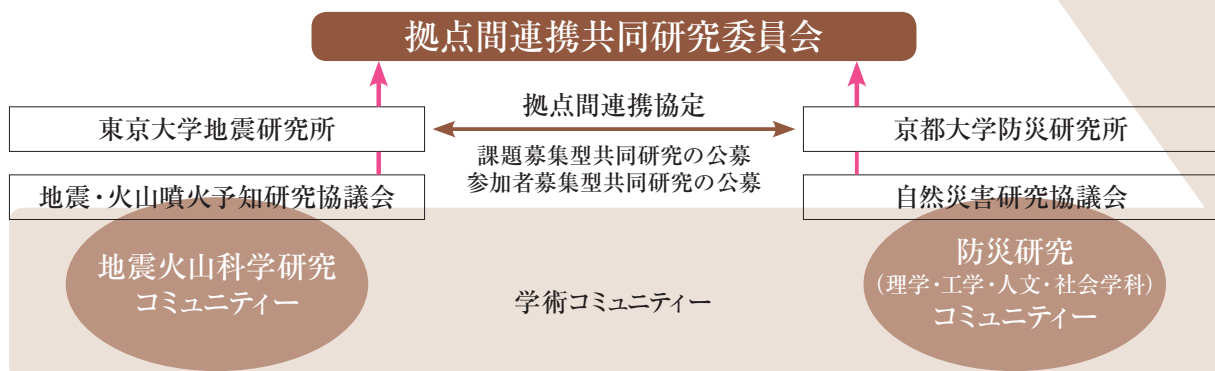
共同研究は5年間の期間を設けられていますが、延べ約70の研究を通してリスク評価の精度を高めることで、次の5年に進めていきたいと考えています。繰り返しになりますが、災害リスクを減じることが、拠点間連携共同研究の最大の目標なのです。



京都大学防災研究所教授
おおしま なおと
大志万 直人



京都大学防災研究所教授
かわせ ひろし
川瀬 博



豊かな国土を襲った東日本大震災 — 教訓に基づく新しい研究枠組み —



東京大学地震研究所教授 **平田直**

ら国家プロジェクトとして進められることになりました。そして1999年3月まで、第1次から第7次まで、5カ年ごとに続きました(第2次以降の名称は「地震予知計画」)。

第7次計画の間の1995年1月に発生したのが、阪神・淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震です。この地震のマグニチュードは7.3で、前兆現象は基本的に見られませんでした。

この地震の結果、二つのことが起きました。

一つは、地震発生からわずか5カ月後の1995年6月に地震防災対策特別措置法が成立したことです。それに基づいて地震調査研究

推進本部が発足し、国が地震防災に関する調査・研究を一元的にまとめるための組織となりました。予知をする、しないにかかわらず、地震に関する調査をして得られた知識を国として収集して、それを地震の防災に役立てていくということです。

もう一つは、もともと地震予知の研究をしてきた地震学という学術領域の動きです。結局よく分かったことは、地震の前兆現象だけを探していたのでは地震予知はできない

ので、もう一步基礎研究に立ち戻ることにしたのです。つまり、そもそも地震はどういった過程を経て起きるのか、大きな地震が起きて次の地震が起きるまでの全過程を解明するという方針に変えたのです。

火山噴火予知研究と補完し合い連携して研究する体制に

そうした動きのなか、第7次地震予知計画が見直され、名称が「地震予知のための新たな観測研究計画」に改められました。地震予知そのものから、それを実現するための観測と研究を行うということで、ある意味で一步、基礎研究寄りになったわけです。それまでの地震予知計画では、地震予知を実現するためのロードマップを、振り返ってみれば「なんとなく」描いていました。しかし、兵庫県南部地震発生後、地震発生に至る過程について解明されていない部分が多かったことが分かりました。

そこで、前述のように地震発生直前の前兆現象だけでなく、地震発生の全過程、とりわけ地震発生に至る準備過程の研究が必要とされました。これは非常に多くの研究者の賛同を得て、1999年に新しい計画が進められることになったのです。これが「地震予知のための新たな観測研究計画」です。

2004年からは「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」が

プレートテクトニクス理論という、今では高校の教科書にも載っている学説があります。地球上を覆っている十数枚の大きな岩盤であるプレートが、水平方向に動くことによって力を及ぼして山や海を作ったりする、というものです。この力が地下の岩石に加わり、それがずれるように破壊されることが地震です。この説が発表されたのは1960年ごろで、当時の日本では一部の研究者には理解されていたものの、広く受け入れられてはいませんでした。

1960年代に大きく進むきっかけがあった地震予知研究

この時代に地震予知研究が大きく進むきっかけがありました。1962年に地震学会の有志によって発表された「地震予知 現状と推進計画(通称「ブループリント」)」です。国内外に大きな影響を与え、測地学審議会が建議した「地震予知研究計画」が1965年か

● 災害誘因と災害素因の関係

$$\text{危険度} = \text{想定被害 (人的経済的損失)} = \text{Risk} \times \text{Probable Loss (Lives \& dollars)}$$



- 1960年ごろ
プレートテクトニクス理論が提唱され始める。
- 1962年1月
地震学会の有志によって「地震予知 現状と推進計画（通称「ブループリント」）」が発表される。
- 1965年4月
「地震予知研究計画」が国家プロジェクトとして進められることに。以後1999年3月まで、第1次から第7次まで、5カ年ごとに実施される（第2次以降の名称は「地震予知計画」）。
- 1995年6月
阪神・淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震の発生を受けて、地震防災対策特別措置法が成立。
- 2014年4月
東日本大震災を引き起こした東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」が始まる。

ということです。

このような地震・火山観測研究が文部科学省科学技術・学術審議会で建議された計画に基づいて実施されていることは意義深いことです。本来、研究というものは研究者の自由な発想に基づいてなされることで大きく進むものです。しかし、同時に、「災害を軽減する」という社会的目標に向かって研究者の求心力を保持するためには、国の審議会が建議することは重要な仕掛けと言えます。

2009年まで続けられ、その後、火山噴火予知研究と統合された観測研究計画として、「地震及び火山噴火予知のための観測研究」が始まりました。これにより、地震予知研究と火山噴火予知研究が互いに補完し、連携して研究を進める体制となったのです。

「災害の軽減に貢献」が目標に据えられる

その後、2011年に東北地方太平洋沖地震が発生し、災害の軽減に貢献することを究極の目標として研究計画を立案することになり、「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究」という計画ができました。

従来と大きく変わったのは、この計画名が示すように、災害の軽減を強く意識して、それに役立てるために地震

や火山噴火による災害誘因の発生時期や規模を予測する研究を進めようということでした。そこで、「地震・火山現象の理解」「地震・火山噴火の予測」「地震・火山噴火による災害誘因の予測」という、三つの研究の大きな柱を立てました。

災害誘因は、英語で言うハザードです。災害には、災害を起こす素因と誘因があります。災害素因は、人口や建物などがどれだけ集積しているかを示す曝露量、インフラや建造物の脆弱性（非耐震性）、そして災害からの社会の回復力の三つから構成されています。災害誘因は、災害をもたらす原因のことで、自然災害の誘因として地震動や火山噴出物などがあります。災害誘因の予測の研究と同時に、災害素因を見直して、災害に負けない社会にしよう

地震観測研究の展望

観測データと物理モデルに基づき断層すべりの予測を目指す

海 溝沿いのプレート境界型地震に関しては、この20年ほどでGNSS（全地球測位衛星システム）などによりプレート境界のすべりの状況をモニターできるようになってきました。海底地殻変動観測などにより精度も向上しています。また、摩擦の物理の解明によりプレート境界でのすべり



東京大学地震研究所教授
かとう なおゆき
加藤 尚之

の時間発展のモデル化も進展し、数値シミュレーションで観測された現象を再現できるようになってきました。

一方、日本の内陸でも地殻のひずみが空間的に不均一であることが観測から分かってきていて、これが内陸地震の発生に関係していると考えられています。

地殻の物性の違いから地震発生域を探る

断層でも強く固着してひずみをためやすい場所や、いつもすべっていてひずみがたまらない場所があります。また、地殻の中にも硬いところや軟らかいところがあります。このような断層

すべりや変形の性質の違いが地震が起りやすい場所を決めていると考えています。そのため、地下の物質の性質を知ることは重要で、どこで地震が発生する可能性が高いかを明らかにすることにつながるでしょう。

地殻の性質を明らかにし、地殻内で起こっている現象を観測により把握するとともに、地殻の変形や破壊のメカニズムに基づく物理モデルにより現象を再現することで、地殻現象をより深く理解することができます。最終的には、観測データと物理モデルから断層すべりの時間発展を予測して、地震発生予測につなげることを目指しています。

火山観測研究の歩み：これまでの流れ

風光明媚な国土を作った火山 ——その恵みと災害——



東京大学地震研究所教授 もり た ちゅういち 森田 裕一

わが国は、中緯度という地理的条件と火山活動により美しい山容がかたちづくられ、風光明媚な国土に恵まれています。しかし、火山は時として大きな災厄をもたらします。日本では約200年前を境に、大きな噴火が発生していないため、大きな噴火災害に対する恐れを忘れがちです。

火山災害を引き起こす大規模な火山噴火は低頻度ですが、一旦発生するとその被害はとてつもなく大きく、かつ広範囲に及ぶことがあります。我々は賢くそれに備える必要があります。

明治から戦後は 観測所が拡大

火山噴火予知を目指す研究の大きな目的は、当初から現在まで、火山噴火の可能性や切迫度を事前に知り、研究成果をできるだけ被害の軽減に役立てることです。

日本における科学的な火山噴火の調査は、東京帝国大学の関谷清景教授が、

460名以上が犠牲になった1888年の磐梯山噴火に伴う山体崩壊の現地調査を実施したことに始まります。また、近代的な火山観測は、その22年後の1910年に、大森房吉教授が有珠山噴火の際に地震計で観測したのが始まりです。このとき、世界で初めて噴火に伴う火山性地震、火山性微動という現象が発見され、観測すれば火山噴火の予知が可能であるとの考えが芽生えました。

このように火山噴火予知のためには、観測がカギであるとの考えから、1911年に当時活発な活動をしていた浅間山に日本で最初の火山観測所が設置されました（浅間火山観測所）。次いで、1928年には阿蘇火山観測所が設けられています。

戦後は、伊豆大島観測所（1959年）、桜島火山観測所（1960年）、島原火山観測所（1962年）、霧島火山観測所（1964年）など、大学が火山観測所を設置して、火山観測体制が全国規模で、徐々に整えられるようになりました。

7次にわたる 「火山噴火予知計画」

このような経緯のなかで、1974年に桜島火山が活発化し始めました。これをきっかけにして、文部省（現・文部科学省）の測地学審議会は「火山噴火予知計画」を建議し、第1次計画がスタートしました。噴火予知計画は2008年までの32年間に、ほぼ5年ごとに目標を変えながら、7次まで計画が実施されました。

最初に、観測網をきちんと整えなければならないということから、第一次

計画（1974～1978年）において、観測網を整えることが目標として掲げられました。さらに、気象庁と大学等の研究機関が連絡を密にして、研究成果を気象庁の業務に反映させるために、気象庁に噴火予知連絡会が設置されました。

第2次計画（1979～1983年）では、火山直下だけではなく、もう少し広い範囲の現象を知ることが重要であるとの考えに基づき、観測網の広域化を図りました。

観測データの精度を高めるため観測機器の高度化をしたのが第3次計画（1984～1988年）です。すべての火山に対して同じレベルの観測をすることはできなかったため、観測対象の火山を「重点研究対象」「監視強化対象」「その他」の三つに分類しました。

第4次計画（1989～1993年）では、観測の多項目化、高密度化、高精度化を図っています。それまで地震活動しか観測していなかったものを、地殻変動や火山ガスも観測の対象にしました。また、地下の温度変化を知るために磁場の観測を開始するなど、観測項目を増やすことで、火山の状態を把握する能力を高めていきました。

火山観測研究のこれまでの流れ

- 1888年
磐梯山噴火調査。
- 1880年代
東京気象台が地震火山業務を開始し、全国の地震、噴火などの異常現象の収集を始める。
- 1910年
有珠山噴火に際して世界で初めて火山性地震、火山性微動の発見。
- 1911年
わが国初となる火山観測所「浅間火山観測所」が設置、連続観測の開始
- 1974年
桜島火山の活発化を受け、「火山噴火予知計画」が建議、開始。以後、2008年までに7次にわたる計画が実施される。
- 2014年
御嶽山の噴火を受け、研究対象の火山を16から25に追加。

第5次計画(1994～1998年)では、「火山噴火予知のためには、噴火発生
の場である火山体内部の構造を理解する
必要がある」という考えから、火山
体構造把握のための観測研究を推進し
ました。

次の第6次計画(1999～2003年)
では、噴火ポテンシャル(切迫度)を
定量的に把握することを目標に研究を
進めました。

第7次計画(2004～2008年)は、
大学が研究対象としていた34の火山
を16に絞っています。これは集中し
て研究する火山を絞りつつ、一方で残
りの火山は気象庁の観測に任せること
にしたのです。背景には国立大学の法
人化があり、研究をより効率的に進め
るために、選択と集中を図る必要があ

りました。

2008年度に終了する第7
次計画まで、「火山噴火予
知計画」は火山研究単独で
進められてきました。2009
年から「地震及び火山噴火
予知のための観測研究」と
なり、地震研究と火山研究
の双方が互いに補完し、連
携して研究を進める体制と
なりました。その後、2011
年に東北地方太平洋沖地震
と霧島山新燃岳噴火が発生
し、災害の軽減に貢献する
ことに、より重点を置いて研究計画を
立案することになりました。その結果、
「災害の軽減に貢献するための地震火
山噴火観測研究」となったのです。



写真上：西之島活動初期(2013年11月20日)。新島が海面から姿を現した直後/写真下：拡大中の西之島(2014年8月26日)。旧島(手前の平たい部分)をのみ込みつつある。(いずれも海上保安庁提供)

2014年9月に御嶽山噴火が起こったことにより、大学は重点的に研究を実施する火山を16から25に増やしました。

火山観測研究の展望

火山ごとに異なる噴火の予測と 災害の軽減を目指す

日 本には110の活火山があります
が、噴火予知の達成度は火山によ
って大きな開きがあります。例えば
桜島火山では、噴火が頻繁に起きて
おり、豊富な観測データに基づいた
研究が進んでいるため、山体の膨張
や小地震の発生といった前兆現象に
基づいて、個々の噴火の発生予測
が可能になってきています。

しかし、活火山であっても何十年も
噴火していない山も少なくありませ
ん。そうした火山では、マグマ溜まり
の位置や規模が分からない場合が多
く、また観測点が少ないために、噴
火前兆現象を検知するのが難しい。この
格差の解消は、今後の火山研究で考慮

すべきポイントの一つでしょう。

現在の噴火予知は、過去の噴火履歴
や観測事例に頼るところが大きく、今
までにないパターンが起きたときは、
次に起きることの予測が簡単ではあり
ません。山体内部の構造や噴火の仕組
みを理解して、観測データからその後
の推移を予測する方式を実現する研究
を進める必要があります。

新しい研究分野が加わって、新たな
進歩も生まれようとしています。

一つは、歴史学・考古学の分野です。
地球物理学は現在の姿を観測し、地質
学は言わば「太古」を対象としていま
す。この大きな時間の差を埋めてくれ
るのが、古文書や遺跡などの人間活動

の記録から研究を進めている歴史学・
考古学です。もう一つは社会科学の分
野で、私たち理学者による研究成果を
社会に役立てる、つまり災害を軽減す
るための研究を担っています。

噴火予測の精度を高めつつ、新しい
研究分野とも連携して、社会に役立つ
研究を進めていきます。



北海道大学大学院理学研究院教授
橋本 武志

歴史地震分野

歴史学で過去のハザードと災害を知り、予知に貢献

2 011年の東日本大震災に際して、地震学はそれを予知できなかったかのように指弾されました。強い責任を感じている地震学者は言いづらようですが、それは事実ではありません。例えば、2007年に刊行された『地震予知の科学』（日本地震学会）には津波堆積物の調査によって東北で500年に1度程度、超巨大地震が起きることが分かったと記されていました。

その他、地震学者は歴史史料を読んで、過去に日本で巨大地震が半ば周期的に発生していることを明らかにしてきました。例えば、下の図には13世紀の南海トラフ巨大地震が描かれていませんが、石橋克彦（神戸大学名誉教授）は1245年に起きた可能性を指摘しており、その蓋然性は高い（史学会編『災害・環境から戦争を読む』（山川出版社、2015）所収の保立論文参照）。この種の研究課題がさらに多数あります。こうした「予知」は、何年何月という予測ではありません。このような史料から読み解ける知見を、社会

の財産として、今後ますます「次の災害への備え」に活用することが重要です。

災害の様相を知り それに備えるための歴史学

私もこのプロジェクトに参加する前には、歴史学と地震学との接点を深く考えてはきませんでした。今回のプロジェクトに関わる人々の多くは、早くから歴史災害の研究に取り組んできました。彼らの動きによって大きなうねりが生まれ、本プロジェクトを契機に、さらに歴史地震分野が観測計画の中で位置づけられるようになりました。本計画の中では次の3点の実施を目標にして、さらに展開をしていきます。

第一は過去の災害資料の収集と徹底的な校訂・解釈の仕事の積み重ねです。史料に記された地震や火山噴火を歴史学者が読み解き、地震学・火山学へ組織的に提供することが課題です。

第二に、地震・噴火などは自然現象ですが、それによって起こる災害は社会現象です。社会が災害に対して、ど



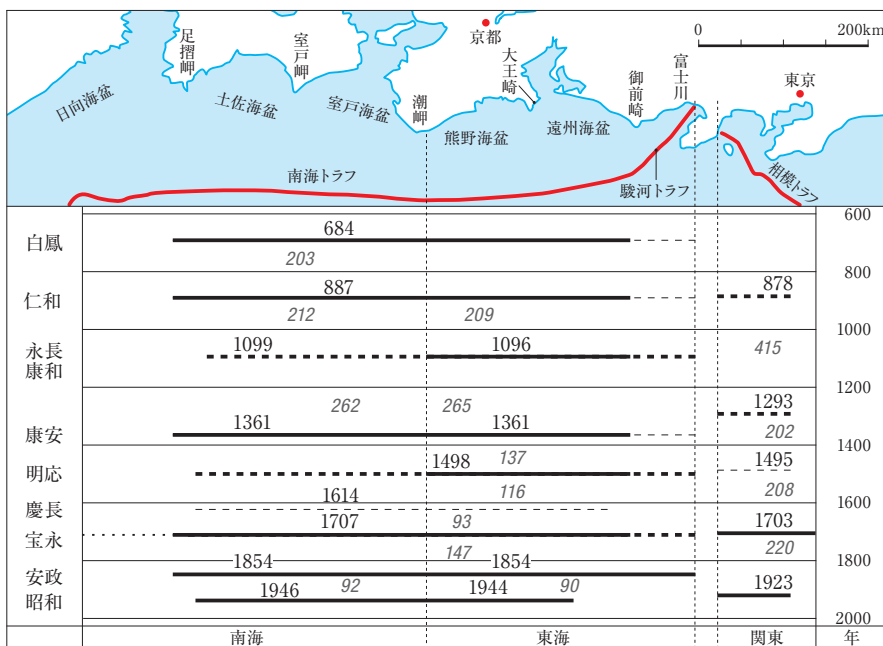
東京大学名誉教授
ほたて みちひさ
保立 道久

のような脆弱性を持っているか、それがなぜ生まれたかを歴史の中で一貫して研究する必要があります。そういう観点から歴史学は防災学・災害科学と協力していくことになるでしょう。

第三に大きいのは、このプロジェクトが地震学と歴史学の2分野（文献史学・考古学）の間で行われる文理融合研究であることです。このような例は少なく、歴史学にとって大変にありがたいことです。

今回の研究計画が、このような視野を持った若い研究者の成長の場となり、将来新たな研究組織をつくっていく基礎になることを期待しています。

● 東海・南海地震と関東地震の時空間分布



石橋克彦『南海トラフ巨大地震—歴史・科学・社会』（岩波書店、2014）の図 2-22を転載。

史料・考古データから 過去の地震・火山噴火を推定

地 震や火山噴火の痕跡は考古学的な調査・研究でも見つかります。これらの痕跡を古文書の内容と照らし合わせることによって、歴史的な地震や火山噴火をより詳しく知ることができれば、地震や火山噴火の予測の精度を改善することができます。



大東文化大学文学部教授
みやの こうじ
宮瀧 交二

地震・火山観測研究成果の見える化により 社会実装に貢献

地 震予知研究は、阪神・淡路大震災が発生し、防災を意識した予知研究の必要性が高まってきたことから大きく方向転換し、地震災害や火山災害の軽減を進めるための計画に変わってきました。具体的には、これまでの研究に歴史地震と社会科学を加えて互いに連携することを目指しています。観測をベースにした質の高い地震防災の実現は、まさに国と言えるほど重要なものです。

これからの地震・火山学が目指していくべきことは、社会に対して質の高いリスクコミュニケーションを行うことだと思います。下の図では、リスクコミュニケーションを「観測」「モデル化」「可視化」「配信」「行動」という五つの構成要素に分けています。それぞれの処理能力を上げるという考え方が望ましいでしょう。

出発点となる「観測」で地殻のいろいろな動きを精度良く観測し、それを「モデル化」によって理解する。その理解を皆さんに分かりやすい情報プロダクツとして「可視化」します。次に様々な方法でユーザーに情報を「配信」し、最後は住民の皆さんに適切な「行動」を起こしてもらおうということです。

これら五つの要素がきちんと機能することによって、最初の観測値が速やかに行動につながる道筋をつくる必要があります。ここで情報をプロダクツと呼んでいるのは、各人がそれぞれの

考えで発信するのではなく、明確な目的に対して誰もが同様の形式で発信できる、規格化された情報を出す必要があると考えたからです。その質を担保するのが地震学、火山学の研究者ですから、発表する情報プロダクツには責任を持つ必要があります。

今世紀と22世紀の双方の防災を見据えた研究を推進

現在の地震予知研究における最大のニーズは、次の南海トラフ地震にどう備えるかということです。この災害はおよそ100年に1回の割合で日本を襲っていて、前は1940年代に発生しました。この時発生した地震は予知研究を進めるための大きなチャンスでしたが、ちょうど太平洋戦争という国家の非常事態下にあったため十分に研究できず、100年に1回の機会を逃してしまっただけです。

近い将来に発生が予想される南海トラフ地震について、何が起り、どのような破壊につながるのかを知るための研究をサポートしていきたいと思っています。22世紀には今世紀以上に巨大地震災害が発生する恐れがあると予測されています。私たちは比較的平穏であるとされる今世紀に詳細な観測を行い、その成果を22世紀の防災に役立てることが最大の使命です。

もちろん、今世紀の被害を最小限に抑えることも重要な使命ですので、双方を満たすようなメリハリのある研究



防災科学技術研究所理事長
林 春男

が進められることを願っています。そして、本当の意味で防災に役立つ地震、火山研究をどう実現するかという課題の解決に協力することが、私たちの役割だと考えています。

地震・火山予知研究に貢献する 社会科学の役割

地 震・火山研究」と「社会の要請」とは必ずしも合致しません。しかし、効果的な災害対応を実現するためには、理学の知見を科学的根拠として、防災施策展開を実施することが、防災・減災対策には必須です。リスクコミュニケーション技術で、地震・火山研究コミュニティと社会を結びます。



新潟大学危機管理室教授
田村 圭子

● 質の高いリスクコミュニケーションの構成要素

